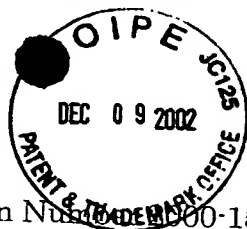


JP2000-150412



Japanese Patent Laid-Open Number: JP2000-150412

Laid-Open Date: May 30, 2000

Application No.: Hei 10-322709

Filing Date: November 12, 1998

Int. Class. No.: H01L 21/268, 21/20

Inventor: Ichiro Fujieda

Applicant: NEC Corporation

RECEIVED
DEC 12 2002
TC 1700

Specification

(54) Title of Invention: Semiconductor Processing Method and Semiconductor Processing Apparatus

(57) Summary

[Purpose] In a semiconductor processing technology changing the property of a semiconductor by irradiating a beam with a cyclic intensity distribution, to realize an ideal process for various test samples by reducing a manufacturing cost, and increasing a degree of freedom for adjusting the intensity distribution of the beam.

[Means for solution] A beam from a laser 10 as the beam with a cyclic intensity distribution is divided into two by a beam splitter 20, each laser beam is reflected by the first and the second mirrors 30 and 40, and an angle of an optic axis of a reflecting light of the second mirror 40 is varied against that of the first mirror 30, subsequently the beams are superposed by the beam splitter 20, and interference fringes are formed by interfering each other. By irradiating these interference fringes 70 at a thin film semiconductor 61 on a substrate 60, the thin film semiconductor 61 is dissolved by the temperature distribution along the intensity distribution of the interference fringes and is crystallized by cooling down, consequently large grain size can be realized. It is not necessary to form an antireflection film etc. for the semiconductor 61 so that production costs are reduced. A degree of freedom for adjusting the beam intensity distribution is increased by adjusting the amplitude ratio of the divided laser beam, an optical path difference between both laser beams, etc. and the most suitable process for various test samples is realized.

[What is claimed]

[Claim 1] A semiconductor processing method changing the property of a semiconductor by irradiating beams with cyclic intensity distribution on a surface of the semiconductor wherein said beams with cyclic intensity distribution are interference fringes formed by which vibrations of laser beams divided in amplitude interfere each other.

[Claim 2] A semiconductor processing method of claim 1 wherein at least one portion of energy of said interference fringes is high enough to dissolve said semiconductor.

[Claim 3] A semiconductor processing method of claim 2 wherein a width of a crystalline

region formed when at least one portion of said semiconductor is dissolved periodically and cooled down is the same as an interval of said interference fringes or is not more than it.

[Claim 4] A semiconductor processing method of any one of claims 1 to 3 wherein said laser beam is the pulse shape and irradiates on the same spot of said semiconductor not less than one time.

[Claim 5] A semiconductor processing method of any one of claims 1 to 3 wherein said laser beam is the pulse shape and irradiates on the same spot of said semiconductor not less than one time, next a process for irradiating said pulse shape laser beam is repeated after the relative positions of said interference fringes and said semiconductor are varied.

[Claim 6] A semiconductor processing method of claim 5 wherein the position of said interference fringes is controlled as said semiconductor region dissolved by said second laser beam irradiation superposes on said semiconductor region dissolved by said first one.

[Claim 7] A semiconductor processing method of any one of claims 1 to 3 wherein said laser beam irradiates continuously on said semiconductor while the positions of said semiconductor and said interference fringes are varied relatively and continuously.

[Claim 8] A semiconductor processing apparatus comprises:

a means for generating a laser beam;

a means for dividing said laser beam into two laser beams in amplitude;

a means for superposing that each laser beam after said amplitude division superpose and interference each other, and irradiating interference fringes formed by interference at a semiconductor; and

a means for varying an angle of at least one optic axis of said superposed laser beams against the other one.

[Claim 9] A semiconductor processing method of claim 8 wherein said means for amplitude division and means for superposition are one beam splitter, or exchangeable one or a plurality of beam splitters with the different amplitude division ratio.

[Claim 10] A semiconductor processing method of claim 8 or claim 9 wherein the first and the second reflecting means for reflecting said each laser beam divided in amplitude respectively against said superposing means are provided, and a means for varying an optical path between at least one of said first and second reflecting means and said superposing means is provided.

[Claim 11] A semiconductor processing method of any one of claims 8 to 10 wherein a means for irradiating the second laser beam on said semiconductor with uniform intensity distribution synchronized with said interference fringes is included.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the invention] The present invention relates to a semiconductor processing

method of forming a cyclic temperature gradient inside a thin film semiconductor by using an interference phenomenon of a beam, especially relates to a semiconductor processing method and a processing apparatus for suitable for producing a crystal with large grain size inside the thin film semiconductor.

[0002]

[Prior art] The first conventional technology is disclosed in US Patent No. 4,523,962 as a method of forming a crystal with large grain size by which the spatial temperature gradient is formed inside a thin film semiconductor by irradiating a laser beam and by using this temperature gradient. This semiconductor processing method, as an outline is shown in Figure 8, is forming a thin film semiconductor 102, for example amorphous silicon (α -Si), poly-silicon (poly-Si), etc. thinly on a surface of a substrate 101 such as glass etc. by a thin film process such as CVD. Next, a dielectric film such as silicon oxide (SiO_2) etc. is formed thinly on said thin film semiconductor 102 by the thin film forming process such as CVD, consequently is patterned to a grid shape by photolithography process. The rest of the dielectric film functions as an antireflection film 103 against a laser beam 100. When the laser beam 100 scans on this structure irradiating continuously, the temperature of the substrate 101 rises a little because the laser beam 100 is absorbed almost perfectly on a surface of the thin film semiconductor 102, and irradiates on the same spot for a short time. Then, the moment the laser beam 100 irradiates, a portion of the thin film semiconductor 102 under the antireflection film 103 becomes high temperature because of absorbing the laser beam 100 by the antireflection function of the antireflection film 103. The other portion is hard to become high temperature because the laser beam 100 is reflected so that the energy that the thin film semiconductor 102 absorbs the laser beam 103 is low. As a result, only the thin film semiconductor 102 under the antireflection film 103 becomes high temperature selectively. Because the antireflection film 103 is formed in a grid shape, a cyclic temperature distribution corresponding to it is formed inside the thin film semiconductor 102.

[0003] Next, when the supply of the energy to this structure stops by scanning of the laser beam 100, the early temperature distribution has been changed by radiation of heat from a high portion of the thin film semiconductor 102 to its peripheral portion. In this stage, a crystal grows in the horizontal direction as a boundary between the high portion and the low portion of the thin film semiconductor 102 shifts, and then when crystals growing from both sides meet almost in the intermediate portion of the antireflection film 103, a crystallizing process ends. A crystal larger than a film thickness can be obtained if a width of the antireflection film 103 is adjusted. Besides, the position where such large crystal can be formed is the portion under the antireflection film, and can be controlled with high degree of freedom using photolithography process. Therefore, when a semiconductor device such as a thin film transistor etc. is manufactured by this semiconductor processing method, the

semiconductor device with satisfactory characteristics and excellent uniformity can be obtained.

[0004] A method of scanning with a laser beam irradiating continuously is mentioned as an example, but it is known by the paper (H. J. Kim and James S. Im, "New excimer-laser-crystallization method for producing large-grained and grain boundary-location-controlled Si films for thin film transistors," Appl. Phys. Lett. 68(11), 11 Mar. 1996, pp. 1513-1515.) that the same result can be obtained if pulse beam from an excimer laser irradiates on the same structure.

[0005] Besides, the second conventional technology of a semiconductor processing method using a temperature gradient by the conventional laser beam irradiation is known by the paper (James S. Im, Robert S. Sposili, and M. A. Crowder, "Single-crystal Si films for thin-film transistor devices," Appl. Phys. Lett. 70(25), 23 Jun. 1997, pp. 3434-3436.) An outline of this method is shown in Figure 9. This method is that an image is focused on a surface of a thin film semiconductor 102 by making a laser beam 100 transmit through a slit 104 with a cyclic aperture by a focus image optical system 105. In this conventional technology, a laser beam is a pulse beam from an excimer laser. Because the spatial distribution of the energy of a beam transmitting through the slit 104 is steep, the inside of the semiconductor 102 just after irradiation has a steep temperature distribution like as a rectangle. Besides, a process of crystal growth accompanied by radiation of heat to a substrate is the same as said first conventional technology. In this case, the region where the crystal grows is a narrow region corresponding to an image of the slit. However, when the second laser beam irradiates after shifting a substrate 101 half the width of this region, the half the region where the crystal has grown by the first irradiation is dissolved, and the crystal grows on the whole of the region dissolved by the second laser irradiation based on the crystal in the rest portion which is not dissolved. The crystalline region extending over the large area can be obtained by repetition of this process.

[0006] Furthermore, the third conventional technology of a semiconductor processing method using a temperature gradient by the conventional laser beam irradiation is disclosed in Japanese Patent Gazette of Laid-Open No. Hei 6-140323. This method, as shown in Figure 10, is forming a temperature distribution such as the same figure inside a thin film semiconductor by changing a beam from an excimer laser into undulation of two concentric circles shape by a diffraction grating 111, and by leading these interference beams to the thin film semiconductor. The method of forming these interference fringes is widely known as an experiment of double slits of Young. Also, in Japanese Patent Gazette of Laid-Open No. Sho 57-99734, a method of growing crystal by forming a cyclic temperature distribution inside a semiconductor using the interference of beams and a standing wave is disclosed, and a method of obtaining an interference fringes is the same as that of the experiment of Young shown in Figure 10 on this point.

[0007]

[Problems to be solved by the Invention] As stated above, the technology obtaining a large grain size crystal by producing a cyclic temperature distribution for a semiconductor and using this temperature distribution has been already realized as shown in said first or third conventional technology. However, in said conventional technology, the following problems are caused in relation to a method for obtaining a cyclic temperature distribution. First, in said first conventional technology, processes for forming a dielectric film as an antireflection film and for patterning are necessary so that production costs increase. Also, because a position of the dielectric film once formed is fixed, a crystal extending over a large area cannot be obtained by repeating the second and the third crystal growing processes by shifting a substrate as the second conventional technology.

[0008] In the second conventional technology, an optical system and the precision of shifting a substrate for focusing into an image of a slit on a surface of a thin film semiconductor, and enough focus depth of said optical system are required. Because a warp exists on a large area substrate, it is difficult to control the crystal growth on the whole surface of the substrate if the precision of shifting the substrate and the focus depth of the optical system are not enough. Besides, in order to make a process for growing crystal using a temperature gradient for various thickness and kinds of thin film semiconductor most suitable, it is desirable to adjust the early temperature distribution as freely as possible, however, the early temperature distribution obtained with a slit is only the steep distribution nearly rectangle so that the degree of freedom for adjusting the temperature distribution is extremely limited.

[0009] In the third conventional technology, the intensity of interference fringes becomes to the maximum at the position of a substrate corresponding to the center of two slits, and the intensity of the adjacent interference fringes is low compared with it, therefore, in the same way as the second conventional technology, the degree of freedom for controlling the intensity distribution of the interference fringes is low so that it is difficult to make the process for various test samples most suitable. Consequently, when the intensity of a laser beam is adjusted so as to crystallize suitably in the central interference fringes, the crystallization is not suitable in the other interference fringes, and the area crystallized by one time of irradiation is small. Furthermore, because it is necessary to provide a slit adjacent to the semiconductor thin film, there is a problem that atoms vaporized by irradiating a laser beam contaminate the slit, and the intensity distribution changes as time goes by.

[0010] The present invention has the purpose to offer a semiconductor processing method and a processing apparatus with low production costs, the excellent control of a temperature gradient inside a semiconductor, and crystallization with large grain size extending over a large area.

[0011]

[Means for resolving problems] A semiconductor processing method of the present

invention, in a semiconductor processing method changing the property of the semiconductor by irradiating a beam with a cyclic intensity distribution on a surface of the semiconductor, is characterized by said cyclic intensity distribution is interference fringes formed by which each vibration of a laser beam divided in amplitude interferes each other. In this case, it is characterized by at least partial energy of said interference fringes is high enough to dissolve said semiconductor, also the width of a crystalline region formed when at least one portion of said semiconductor is dissolved and cooled down periodically is the same as an interval of said interference fringes or not more than it.

[0012] Besides, in a semiconductor processing method of the present invention, it is characterized by said laser beam is a pulse shape, which irradiates on the same spot of said semiconductor not less than one time, or irradiates on the same spot of said semiconductor one time or several times, next the process for irradiating again after the relative position of said interference fringes and said semiconductor is changed is repeated. Besides, in this case, it is characterized by the position of said interference fringes is controlled so as to superpose the region of said semiconductor dissolved by the second irradiation of said laser beam on the region of said semiconductor dissolved by the first irradiation of said laser beam. Also, the semiconductor processing method of the present invention is characterized by said laser beam irradiates on said semiconductor continuously varying the position of said semiconductor and said interference fringes relatively and continuously.

[0013] A semiconductor processing apparatus of the present invention comprises:
a means for generating a laser beam;
a means for dividing an amplitude of the laser beam into two;
a means for superposing that each divided laser beam superposes and interferes each other, and irradiating the produced interference fringes on a semiconductor; and
a means for varying an angle of at least one optic axis of said each laser beam against the other one. In this case, said means for dividing and means for superposing are constituted by one or a plurality of exchangeable beam splitters with the different amplitude division ratio. Besides, the first and the second reflecting means for reflecting said each laser beam divided in amplitude respectively against said means for superposing are provided, and a means for varying an optical path between at least one reflecting means of the first and the second ones and said superposing means is provided. Also, in the semiconductor processing apparatus of the present invention, it is characterized by a means for irradiating the second laser beam on said semiconductor with uniform intensity distribution synchronized with said interference fringes is included.

[0014]

[Embodiment] Next, an embodiment of the present invention is explained referring to Figures. Figure 1 is a schematic view showing the first embodiment of a semiconductor

processing apparatus used in a semiconductor processing method of the present invention. This semiconductor processing apparatus is constituted by a laser 10 emitting a laser beam of a coherent beam, a beam splitter 20 dividing the laser beam emitted from said laser 10 into two, that is to say, dividing an amplitude of the laser beam into two, the first mirror 30 and the second mirror 40 reflecting the divided laser beams respectively, and an actuator 50 which is able to hold said second mirror 40 and shift along an incident optical axis. In this case, said beam splitter 20 has functions of superposing each laser beam reflected with said first and second mirrors 30 and 40, and making both laser beams interfere by this superposition as well as dividing the laser beam as stated above. That is to say, said beam splitter 20, the first mirror 30, and the second mirror 40 are the same constitution basically as the interference apparatus known as the interferometer of Michelson. And it is constituted so as to irradiate the interference fringes 70 obtained by this processing apparatus on the substrate 60 on which amorphous or poly-crystalline thin film semiconductor 61 of an object for processing is formed.

[0015] Besides, in the constitution of the present invention, it is necessary for the laser 10 to have enough output energy to dissolve the thin film semiconductor. For example, an excimer laser of XeCl, KrF, ArF, etc., or an Ar laser etc. oscillating continuously is used. Also, the beam splitter 20 of which amplitude division ratio dividing laser beam is 1:1 is not necessarily used, for example, that dividing unsymmetrically such as 10:1 is can be used. Furthermore, the actuator 50, as stated above, is constituted as a reflector inclined by microangle ε against the face at right angles to the optic axis so as to be able to vary an angle reflecting the laser beam slightly as the second mirror 40 shifts very slightly to the direction of the optic axis. This actuator can shift a microdistance such as a wavelength of a beam quickly by computer control, if a piezoelement is used, for example.

[0016] The following is an explanation of a semiconductor processing method using a semiconductor processing apparatus of said first embodiment. A laser beam from a laser 10 is divided into two in amplitude by a beam splitter 20. The divided laser beams are reflected by the first mirror 30 and the second mirror 40 respectively, enter into the beam splitter 20 again, and are superposed here and interfere each other. If optical paths of both laser beams reflected by the first mirror 30 and the second mirror 40 are made to be equal, interference fringes with regular intervals formed on a surface of a substrate 60 because the second mirror 40 is inclined slightly. This is regular thickness interference by unparallel thin plates and is known as the interference fringes of Fizeau. When a wavelength of a beam is λ , a refractive index is n , and an inclining angle of the second mirror 40 is ε , the interference fringes, of which pitch is an equal interval of $\lambda / n \varepsilon$, are straight fringes. Besides, because the position of said interference fringes on the substrate 60 depends on the optical path of the beam splitter 20 and the second mirror 40, that is to say, the incident position of a reflecting beam from

the second mirror 40 into the beam splitter 20, it can be changed freely by adjusting the position of the second mirror 40 with the actuator 50.

[0017] Also, the intensity distribution of a beam on the surface of said substrate 60 depends on the amplitude division ratio of two laser beams divided in the beam splitter 20. For example, in case that the amplitude ratio of the laser beam dividing to the first mirror 30 and the second mirror 40 is $A1:A2$, and this amplitude ratio is 1:1, the intensity distribution shown in Figure 1 (a) is obtained. Besides, when the amplitude ratio is 1:10, the intensity distribution shown in Figure 2 (b) is obtained. However in case of $\varepsilon = 0.01$, and $n = 1$.

[0018] Also, it can be used that coherence of the laser beam is deteriorated and the contrast of the interference fringes is lowered when the optical path becomes long. For example, the contrast of the interference fringes is reduced as the second mirror 40 is made to be far away from the beam splitter 20 by the actuator 50, consequently the intensity distribution shown in Figure 2 (b) is obtained.

[0019] The following is an explanation of a semiconductor processing method of the present invention using interference fringes formed by a processing apparatus of Figure 1 referring to Figure 3. In the first processing method, interference fringes adjusted to the intensity distribution such as Figure 3 (a) are irradiated on a substrate 60 only one time, and a laser beam is a pulse shape and a pitch of the interference fringes is equal to the growing distance of a crystal shown in Figure 3 (b). When the interference fringes are irradiated on a surface of a thin film semiconductor 61 on a substrate 60, a temperature gradient corresponding to the intensity distribution of the interference fringes is generated inside the thin film semiconductor 61 shown in Figure 3 (c). That is to say, the portion with high intensity of the interference fringes is high temperature compared with the portion with low one. By setting the intensity distribution of the interference fringes properly by adjusting the amplitude etc. in said beam splitter 20 etc., the whole region of the thin film semiconductor 61 can be dissolved, and the intensity distribution of the interference fringes can be set so as to dissolve in a high temperature portion and not to dissolve in a low temperature portion. Then, when the thin film semiconductor 61 is cooled down after irradiation of the interference fringe, as shown in Figure 3 (d), a crystal becomes growing in orthogonal direction against a film thickness of the thin film semiconductor 61 (in horizontal direction against the substrate) in the process, and reaches to a size suitable for a pitch of the interference fringes. Besides, in case that one portion in the low temperature portion is not dissolved, this portion remains not crystallizing. Also, a high temperature dissolved region 61a, a non-dissolved region 61b, a crystallized region 61c, and a boundary of the crystallized region 61d are shown respectively in the same Figure. Consequently, making large grain size of the thin film semiconductor 61 that the purpose of the present invention can be realized.

[0020] Thus, in the first processing method using the processing apparatus of the first

embodiment, because the interference phenomenon of a laser beam is used, processes for forming a dielectric thin film and patterning which have been needed conventionally are not necessary so that the excellent mass production can be realized with few processing processes. Besides, the degree of freedom at controlling the temperature distribution in the semiconductor thin film because the amplitude ratio is controlled by the beam splitter or the intensity distribution of the interference fringes is adjusted by controlling the optical path. That is to say, the process that the thin film semiconductor is dissolved by absorbing the energy of the laser beam and crystallized as cooling down by radiation of heat depends on structural factors such as a thickness of the thin film semiconductor, a material existing in the under portion of the thin film semiconductor, an atmosphere in the upper portion of the thin film semiconductor, for example, a kind of gas such as nitrogen, argon, vacuum, etc., time factors such as a pulse width, a pulse shape in case of making the laser beam into the pulse shape, and all of these factors affect the temperature distribution in the thin film semiconductor. These factors can be controlled frequently from the outside, but the range of controlling is limited by the ability of the apparatus, the physical limitation, etc. In this point, in the present embodiment, the flexible correspondence to the various limitations of said structural factors and time factors is possible. Furthermore, in this embodiment, because the interference fringes which are not localized are used, even in case that the substrate 60 is warped by being large size and the distance between the optical system and the substrate depends on the spot, clear interference fringes can be obtained on the substrate, crystal formation can be performed easily on the large-sized substrate, and excellent mass production can be realized. Besides, because nothing is provided adjacent to the substrate 60, the possibility of contamination of the apparatus by gaseous object generated as the laser beam is absorbed into the thin film semiconductor 61 is reduced, a crystal can be formed continuously without maintenance of the apparatus for long time, and excellent mass production can be realized.

[0021] The following is an explanation of the second processing method in the present invention referring to Figure 4. In this second semiconductor processing method, a laser beam is a pulse shape, first as shown in Figure 4 (a), a crystal grows by one time or a plurality of irradiation on the same spot. Next, as shown in Figure 4 (b), a position of interference fringes is varied by shifting the second mirror 40 slightly with an actuator 50. Subsequently the process for crystal growth by laser irradiation is repeated. In the first and the second processes, the position of the interference fringes is controlled so as to superpose dissolved portions of the semiconductor each other. Figure 5 shows the intensity distributions of the interference fringes by the first irradiation and the second one. The irradiation mentioned above, as shown in Figure 4 (c), is repeated until the distance equal to one cycle of the interference fringes. Consequently, making large grain size of the thin film semiconductor 61 can be realized by stopping irradiating the interference fringes in the same way as said first processing method.

[0022] The same effect as the first processing method can be obtained in the second processing method. Besides, in addition to this, because the position of the interference fringes on the thin film semiconductor 61 is controlled by varying the optical path with the second mirror 40, the interference fringes can be shifted easily and the processing apparatus is small-sized and favorable to setting. By the way, in the conventional technology shown in Figure 9, it is necessary to control the relative position of a focus image optical system and the substrate by precision of $1\text{ }\mu\text{m}$ so that a large-scale mechanism portion is required in the apparatus.

[0023] Besides, as the third processing method in the present invention, a method of varying a position of interference fringes continuously during one time of laser irradiation. In the third semiconductor processing method, a laser which can irradiate continuously such as Ar laser etc. is used. Then, when the laser beam irradiates with regular intensity, a reciprocating motion with regular amplitude around one standard position is performed by an actuator 50. Accordingly, the position of the interference fringes on the thin film semiconductor 61 varies continuously. When the distance of shifting the second mirror 40 is equal to one cycle of the interference fringes, in the same way as the second processing method, the thin film semiconductor can be crystallized on the whole surface of the thin film semiconductor 61. The same effect as said first and the second processing methods can be obtained in the third processing method.

[0024] The other constitutional example of a semiconductor processing apparatus for adjusting the intensity distribution of interference fringes is explained here. In the second processing apparatus shown in Figure 6, the second beam splitter 21 is provided on the optical path of a laser 10 and a beam splitter 20, and the third mirror 41 and the fourth mirror 42 reflecting beams divided by the second beam splitter 21 are provided. Then, it is constituted so as to irradiate the laser beam reflected by said fourth mirror 42 on a thin film semiconductor 61. In this constitution, the optical paths of the laser beams by the second beam splitter 21, the third mirror 41 and the fourth mirror 42 are remarkably different from the optical paths producing the interference fringes with the first and the second mirrors 30 and 40, consequently the beams through the third and the fourth mirrors 41 and 42 do not interfere with the beams through the first and the second mirrors 30 and 40. Therefore, the intensity distribution of the interference fringes 71 in the thin film semiconductor 61 is superposition of uniform intensity on the intensity distribution of the interference fringes. Of course, the constitution of synchronized irradiation using the second laser separated from the laser 10 instead of the second beam splitter 21, the third and the fourth mirrors 41 and 42 can be used.

[0025] Besides, the third processing apparatus is shown in Figure 7 as a constitutional example for shifting interference fringes. In this processing apparatus, the position of the interference fringes is controlled by controlling the optical path using an object with different refractive index. That is to say, a step shape transmitting plate 80 made of a transparent material with different refractive index from air such as glass is provided on

the optical path of one beam divided by said beam splitter 20. Then, it is constituted so as to shift said step shape transmitting plate 80 in the direction of crossing at right angles with said optical path by the second actuator 51 as a means for converting the optical path difference, and locate a portion having different thickness in said step shape transmitting plate 80 on said optical path selectively. Consequently, the thickness of the step shape transmitting plate 80 on the optical path is varied, the optical path is varied in response to a distance that the beam transmits this step shape transmitting plate 80, and accordingly the position of the interference fringes 70 formed on the thin film semiconductor 61 can be controlled.

[0026]

[Effect] According to the present invention as explained above, the following effects can be obtained. The present invention has some effects that the processes for forming a dielectric film as an antireflection film on the thin film semiconductor and for patterning are not necessary because the interference phenomenon of the laser beam divided in amplitude is used as a means for generating the temperature gradient inside the semiconductor, and excellent mass productivity with few processing processes can be realized. Also in the present invention, because a method of controlling the amplitude division ratio by the beam splitter, a method of varying the optical path, and a method of irradiating the third beam different from interfering two beams are used as a means for controlling the intensity distribution of the interference fringes, the degree of freedom at controlling the temperature distribution in the semiconductor thin film becomes high so that the correspondence with flexibility to various limitations of structural factors and time factors in crystallization can be realized. Furthermore, the present invention has some effects that the interference fringes is shifted easily, and the apparatus is small-sized and suitable for setting because the position of the interference fringes is controlled by varying the optical path with means of shifting a mirror, inserting a material with different refractive index into the optical path, etc.

[0027] Furthermore, because the interference fringes which are not localized are used in a method of forming crystal in the present invention, clear interference fringes can be obtained on the substrate in case that the distance between the optical system and the substrate depends on the spot because the substrate is warped by being large-sized. Therefore, the formation of crystal on a large-sized substrate can be performed easily and excellent mass production can be realized. Besides, because nothing is provided adjacent to the substrate, the possibility of contamination of the apparatus by gaseous object generated as the laser beam is absorbed into the substrate is reduced, a crystal can be formed continuously without maintenance of the apparatus for long time, and excellent mass production can be realized.

[A brief explanation of Figures]

[Figure 1] A schematic view of the first processing apparatus of a semiconductor processing apparatus of the present invention.

[Figure 2] A figure showing the intensity distribution of interference fringes in a semiconductor processing apparatus of the present invention.

[Figure 3] A figure for explaining the first processing method of the present invention.

[Figure 4] A figure for explaining the second processing method of the present invention.

[Figure 5] A figure showing an intensity distribution of interference fringes in the second processing method.

[Figure 6] A schematic view of the second processing apparatus of a semiconductor processing apparatus of the present invention.

[Figure 7] A schematic view of the third processing apparatus of a semiconductor processing apparatus of the present invention.

[Figure 8] An explanatory view of a semiconductor processing method in the first conventional technology.

[Figure 9] An explanatory view of a semiconductor processing method in the second conventional technology.

[Figure 10] An explanatory view of a semiconductor processing method in the third conventional technology.

[Explanations of marks]

10...laser

20...beam splitter

21...the second beam splitter

30...the first mirror

40...the second mirror

41...the third mirror

42...the fourth mirror

50...actuator

51...the second actuator

60...substrate

61...thin film semiconductor

70, 71...interference fringes

80...step shape transmitting plate

100...laser beam

101...substrate

102...thin film semiconductor

103...antireflection film

104...slit

105...focus image optical system

111...slit



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-150412
(P2000-150412A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/268

H 0 1 L 21/268

J 5 F 0 5 2

21/20

21/20

F

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-322709

(22) 出願日

平成10年11月12日 (1998.11.12)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 藤枝 一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100081433

弁理士 鈴木 章夫

Fターム (参考) 5F052 AA02 BA04 BB01 BB07 CA10

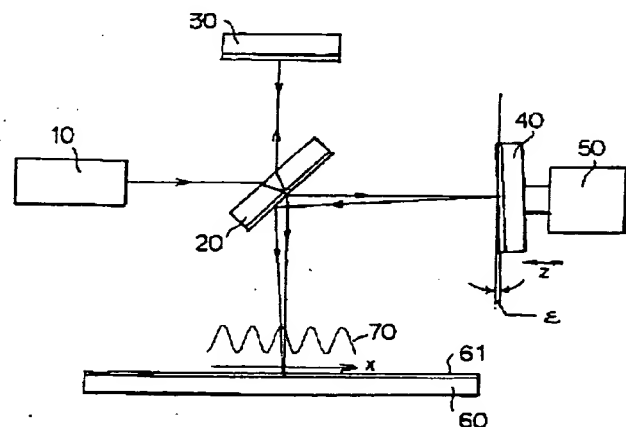
DA01 DA02 DB01 FA04

(54) 【発明の名称】 半導体処理方法及び半導体処理装置

(57) 【要約】

【課題】 周期的な強度分布を持つ光を半導体に照射してその性質を変化させる半導体処理技術において、製造コストを低減し、かつ光の強度分布の調整の自由度を高め、様々な試料に対する工程の最適化を実現する。

【解決手段】 周期的な強度分布の光として、レーザー10の光をビームスプリッタ20で2つに分割し、かつ各レーザー光を第1、第2の各鏡30、40で反射し、かつ第2の鏡40の反射光の光軸を第1の鏡30の反射光の光軸に対して角度変化させた後、ビームスプリッタ20で重畳し、互いに干渉することにより形成される干渉縞で構成する。この干渉縞70を基板60上の薄膜半導体61に照射するとことにより、薄膜半導体61を干渉縞の強度分布に沿った温度分布で溶融し、かつ冷却して結晶化することで、大粒径化が実現される。半導体61に対して反射防止膜等を形成する必要がなく、製造コストを低減する。分割したレーザー光の振幅比や、両レーザー光の光路長差等を調整することで、光の強度分布の調整の自由度を高め、様々な試料に対する工程の最適化を実現する。



$$\text{光路差: } \Delta = \epsilon n (X - X_0) + Z$$

$$\text{干渉縞の強度分布: } I = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos (2 \pi \Delta / \lambda)$$

10: レーザ

20: ビームスプリッタ

30: 鏡1

40: 鏡2

50: アクチュエータ

60: 基板

61: 薄膜半導体 (非晶質、または多結晶)

70: 干渉縞

【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期的な強度分布を持つ光を半導体の表面に照射して、該半導体の性質を変化させる半導体処理方法において、前記周期的な強度分布の光が、振幅分割したレーザー光の波動が互いに干渉することにより形成される干渉縞であることを特徴とする半導体処理方法。

【請求項2】 前記干渉縞の少なくとも一部のエネルギーが、前記半導体を熔融するのに十分な大きさであることを特徴とする請求項1記載の半導体処理方法。

【請求項3】 前記半導体の少なくとも一部が周期的に熔融されて冷却するとき形成される結晶領域の幅が、前記干渉縞の間隔と同等かそれ以下であることを特徴とする請求項2記載の半導体処理方法。

【請求項4】 前記レーザー光がパルス状で、前記半導体の同一場所に1回以上照射されることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の半導体処理方法。

【請求項5】 前記レーザー光がパルス状で、前記半導体の同一の場所に1回以上照射し、次に、前記干渉縞と前記半導体の相対的な位置を変化させた後に前記パルス状のレーザー光を照射する工程を繰り返すことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の半導体処理方法。

【請求項6】 前記2回目の前記レーザー光の照射により熔融する前記半導体の領域が、1回目の前記レーザー光の照射において熔融する前記半導体の領域に重畳するように前記干渉縞の位置を制御することを特徴とする請求項5記載の半導体処理方法。

【請求項7】 前記半導体と前記干渉縞の位置を相対的に連続して変化させながら前記レーザー光が連続して前記半導体に照射されることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の半導体処理方法。

【請求項8】 レーザー光の発生手段と、前記レーザー光を2つのレーザー光に振幅分割する手段と、前記振幅分割後の各レーザー光を重ねて干渉し、干渉により生成された干渉縞を半導体に対して照射する重畳手段と、前記重畳される各レーザー光のうちの少なくとも一方の光軸を他方の光軸に対して角度変化させる手段とを含むことを特徴とする半導体処理装置。

【請求項9】 前記振幅分割手段と前記重畳手段が、1個、または振幅分割の比が異なる交換可能な1個または複数のビームスプリッターであることを特徴とする請求項8記載の半導体処理装置。

【請求項10】 前記振幅分割された各レーザー光を前記重畳手段に対してそれぞれ反射する第1及び第2の反射手段を備え、前記第1及び第2の少なくとも一方の反射手段と前記重畳手段との間の光路長を変化させる手段を備えることを特徴とする請求項8又は9に記載の半導体処理装置。

【請求項11】 前記干渉縞と同期して、第2のレーザー光を前記半導体に一樣な強度分布で照射する手段を含

むことを特徴とする請求項8ないし10のいずれかに記載の半導体処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光の干渉現象を利用して薄膜半導体内部に周期的な温度勾配を形成する半導体処理方法に関し、特に薄膜半導体内に大粒径の結晶を生成する際に適用して好適な半導体処理方法及びその処理を行うための処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 レーザー光を薄膜半導体に照射して内部に空間的な温度勾配を形成し、この温度勾配を利用して大粒径の結晶を形成する方法として、第1の従来技術が米国特許第4,523,962号明細書に開示されている。この半導体処理方法は、図8に概略を示すように、ガラス等の基板101の表面に、例えばアモルファスシリコン(a-Si)、ポリシリコン(poly-Si)等の薄膜半導体102をCVD等の薄膜プロセスにより薄く形成する。次いで、前記薄膜半導体102の上に酸化シリコン(SiO₂)等の誘電体膜をCVD等の薄膜形成プロセスにより薄く形成し、しかる上でフォトリソグラフィ・プロセスによりグリッド状にパターン化する。残された誘電体膜はレーザー光100の反射防止膜103として機能する。この構造の上にレーザー光100を連続して照射しながら走査すると、レーザー光100は薄膜半導体102の表面でほぼ完全に吸収され、かつ同じ場所には短い時間しか照射されないため基板101の温度上昇は小さい。そして、レーザー光100が照射された瞬間に、反射防止膜103の下層の薄膜半導体102の部分は反射防止膜103の反射防止作用によってレーザー光100を良く吸収して高温になるが、他の部分はレーザー光100が反射されるため薄膜半導体102がレーザー光100を吸収するエネルギーは少なく、高温にはなり難い。この結果、薄膜半導体102は反射防止膜103の下部のみが選択的に高温になる。反射防止膜103はグリッド状に形成されているので、これに応じた周期的な温度分布が薄膜半導体102の内部に形成される。

【0003】 次に、レーザー光100が走査されてこの構造へのエネルギーの供給が途絶えると、薄膜半導体102の高温部から周囲への放熱により初期の温度分布は変化していく。ここで、薄膜半導体102の高温部と低温部との境界が移動するにつれて結晶が水平方向に成長し、やがて反射防止膜103のほぼ中間部位で両側から成長してきた結晶が出会ったところで結晶化プロセスが終焉する。反射防止膜103の幅を調整すれば膜厚よりも大きな結晶が得られる。また、このような大きな結晶を形成できる場所は反射防止膜の下部であり、フォトリソグラフィ・プロセスを用いて高い自由度で制御できる。従って、この半導体処理方法により薄膜トランジスタ等の半導体デバイスを製作すると、特性が良好で均一

性も優れたものが得られる。

【0004】以上では、レーザー光を連続的に照射しながら走査する方式を例に挙げたが、エキシマレーザーからのパルス光を同様の構造上に照射しても同様の結果が得られることが、論文 (H. J. Kim and James S. Im, "New excimer-laser-crystallization method for producing large-grained and grain boundary-location-controlled Si films for thin film transistors, " Appl. Phys. Lett. 68(11), 11 Mar. 1996, pp. 1513-1515.) により知られている。

【0005】また、従来のレーザー光照射による温度勾配を利用した半導体処理方法の第2の従来技術が、論文 (James S. Im, Robert S. Sposili, and M. A. Crowder, "Single-crystal Si films for thin-film transistor devices, " Appl. Phys. Lett. 70(25), 23 Jun. 1997, pp. 3434-3436.) により知られている。この方法の概要を図9に示す。これは、レーザー光100を周期的な開口部を備えたスリット104を透過させ、結像光学系105により薄膜半導体102の表面に結像するものである。この従来技術では、レーザー光はエキシマレーザーからのパルス光である。スリット104を透過する光のエネルギーの空間分布は急峻なので、照射直後の半導体102内部は矩形に近い急峻な温度分布になる。なお、基板への放熱に伴って結晶が成長する過程は前記の第1の従来技術と同様である。ここで、結晶が成長する領域はスリットの像に対応した狭い領域である。しかしながら、基板101をこの領域の幅の半分だけ移動させた後に、2回目のレーザー光を照射すると、1回目の照射で結晶が成長した領域の半分も溶融され、残りの溶融しなかった部分の結晶を元にして2回目のレーザー光照射で溶融した領域全体に結晶が成長する。この過程を繰り返して行うことにより大面積に渡って結晶領域を得ることができる。

【0006】さらに、従来のレーザー光照射による温度勾配を利用した半導体処理方法の第3の従来技術が特開平6-140323号公報に開示されている。これは、図10に示すように、エキシマレーザーからの光を回折格子111により2つの同心円状の波動に変え、これらの干渉光を薄膜半導体に導くことにより同図のような温度分布を薄膜半導体内部に形成するものである。この干渉縞の形成方法は、Youngのダブルスリットの実験として一般に知られている。また、特開昭7-99734号公報には、光の干渉や定在波を利用して半導体内部に周期的な温度分布を形成して結晶を成長させる方法が開示されているが、干渉縞を得る手法は、図10に示したYoungの実験と同一手法がとられており、この点では同じである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、半導体に対して周期的な温度分布を生成し、この温度分布を利用して大粒径の結晶を得る技術は前記した第1ないし第

3の従来技術に示すように既に実現されている。しかしながら、前記した従来技術では、周期的な温度分布を得るための手法に関連して次のような問題が生じている。まず、前記第1の従来技術では、反射防止膜としての誘電体膜の形成とパターン化という工程が必要であり、製造コストが増大する要因となる。また、一度形成した誘電体膜の位置は固定なので、第2の従来技術のように、基板を移動して2回目、3回目の結晶成長過程を繰り返すことにより大面積の結晶を得ることはできない。

【0008】第2の従来技術では、スリットの像を薄膜半導体の表面に結像するための光学系と基板の移動精度、及び前記光学系の十分な焦点深度が要求される。大面積の基板には反りが存在するので、基板の移動精度と光学系の焦点深度が十分でなければ基板全面での結晶成長の制御が困難である。また、種々の厚さや種類の薄膜半導体に対して温度勾配を利用して結晶を成長させる工程を最適化するためには、初期の温度分布をできるだけ自由に調整できることが望ましいが、スリットを用いて得られる初期の温度分布は矩形に近い急峻な分布のみであり、温度分布の調整の自由度が著しく制限される。

【0009】第3の従来技術では、干渉縞の強度は2つのスリットの中央に対応した基板の位置で最大となり、隣接の干渉縞の強度はこれに比べて低いものとなるため、第2の従来技術と同様に、干渉縞の強度分布を制御するための自由度が低く、様々な試料に対する工程の最適化が困難である。そのため、中央の干渉縞で結晶化が最適になるようにレーザー光の強度を調整すると、その他の干渉縞では最適にはならず、1回の照射により結晶化できる面積が小さいものとなる。更に、半導体薄膜の近傍にスリットを設置する必要があるため、レーザー光の照射により気化した原子がスリットを汚染し、強度分布が時間とともに変化してしまうという問題がある。

【0010】本発明の目的は、製造コストが低く、半導体内部の温度勾配の制御性に優れ、大面積に渡って大粒径の結晶化が可能な半導体の処理方法と処理装置を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体処理方法は、周期的な強度分布を持つ光を半導体の表面に照射して該半導体の性質を変化させる半導体処理方法において、前記周期的な強度分布が、振幅分割したレーザー光の各波動が互いに干渉することにより形成される干渉縞であることを特徴とする。ここで、前記干渉縞の少なくとも一部のエネルギーが前記半導体を溶融するのに十分な大きさであり、また、前記半導体の少なくとも一部が周期的に溶融されて冷却するときに形成される結晶領域の幅が前記干渉縞の間隔と同等かそれ以下であることを特徴とする。

【0012】また、本発明の半導体処理方法において、前記レーザー光がパルス状で、前記半導体の同一場

所に1回以上照射され、あるいは、前記半導体の同一の場所に1回もしくは複数回照射し、次に前記干渉縞と前記半導体の相対的な位置を変化させた後に再度照射する工程を繰り返すことを特徴とする。また、この際に、2回目の前記レーザー光の照射により溶融する前記半導体の領域が、1回目の前記レーザー光の照射において溶融する前記半導体の領域に重畳するように前記干渉縞の位置を制御することを特徴とする。あるいは、本発明の半導体処理方法は、前記半導体と前記干渉縞の位置を相対的に連続して変化させながら、前記レーザー光が連続して前記半導体に照射されることを特徴とする。

【0013】本発明の半導体処理装置は、レーザー光の発生手段と、該レーザー光の振幅を2つに分割する分割手段と、分割した各レーザー光を重畳して干渉し、生成された干渉縞を半導体に照射する重畳手段と、前記各レーザー光の少なくとも一方の光軸角度を他方に対して変化させるための手段とを含んでいる。ここで、前記分割手段と重畳手段は、1個、または振幅分割の比が異なる交換可能な複数のビームスプリッタで構成する。また、前記振幅分割された各レーザー光を前記重畳手段に対してそれぞれ反射する第1及び第2の反射手段を備え、前記第1及び第2の少なくとも一方の反射手段と前記重畳手段との間の光路長を変化させる手段を備える。また、本発明の半導体処理装置では、前記干渉縞と同期して、第2のレーザー光を前記半導体に一樣な強度分布で照射する手段を含むことを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の半導体処理方法において用いられる半導体処理装置の第1の実施形態を示す構成図である。この半導体処理装置は、コヒーレント光であるレーザー光を発光するレーザー10と、前記レーザー10が発したレーザー光を2つに分割する、すなわちレーザー光の振幅を2つに分割するビームスプリッタ20と、分割されたレーザー光をそれぞれ反射する第1の鏡30、第2の鏡40と、前記第2の鏡40を支持して当該第2の鏡40を入射光軸に沿って移動することが可能なアクチュエータ50とで構成される。ここで、前記ビームスプリッタ20は、前記したようにレーザー光を分割する一方で、前記第1及び第2の鏡30、40で反射された各レーザー光を重畳し、この重畳によって両レーザー光を干渉させる機能をも有している。すなわち、前記ビームスプリッタ20、第1の鏡30、第2の鏡40は、マイケルソンの干渉計として知られている干渉装置と基本的には同様な構成となる。そして、この処理装置により得られる干渉縞70を、処理対象としての、非晶質、または多結晶の薄膜半導体61をその上面に形成した基板60に照射するように構成される。

【0015】なお、本発明の構成では、レーザー10として、薄膜半導体を溶融するのに十分な出力エネルギー

を持つものを用いる。例えば、XeCl, KrF, ArF等のエキシマレーザー、或いは連続発振するArレーザー等を用いる。また、ビームスプリッタ20は、分割するレーザー光の振幅の比を必ずしも1対1とする構成ではなく、例えば10対1のように非対称に分割できるものを用いることもある。更に、アクチュエータ50は、前記したように、第2の鏡40を光軸の方向に微小な距離だけ移動するとともに、反射するレーザー光の反射角度を僅かに変化することができるように、微小角度 ϵ だけ光軸と直角な面に対して傾斜された反射鏡として構成されている。このアクチュエータとしては、例えばピエゾ素子を用いた構成とすれば、コンピュータ制御により、光の波長程度の微小な距離を迅速に移動させることができる。

【0016】次に、前記第1の実施形態の半導体処理装置を用いた半導体処理方法について説明する。レーザー10から発せられたレーザー光はビームスプリッタ20により2つのレーザー光に振幅分割される。分割されたレーザー光は、それぞれ第1の鏡30と第2の鏡40により反射され、再度前記ビームスプリッタ20に入射され、ここで重畳されて互いに干渉する。ここで、第1の鏡30と第2の鏡40で反射される両レーザー光の光路長を等しくすれば、第2の鏡40はわずかに傾けてあるため、基板60の表面に等間隔の干渉縞が生成される。これは平行でない薄板による等厚干渉であり、フィゾーの干渉縞として知られているものである。ここで、光の波長を λ 、雰囲気屈折率を n 、第2の鏡40の傾き角を ϵ とすると、干渉縞のピッチ寸法は $\lambda/n\epsilon$ の等間隔で、かつ直線状の縞となる。また、基板60の上での前記干渉縞の位置は、ビームスプリッタ20と第2の鏡40との光路長、すなわち第2の鏡40からの反射光がビームスプリッタ20に入射する位置に依存するため、アクチュエータ50により第2の鏡40の位置を調整することにより自由に変更することができる。

【0017】また、前記基板60の表面での光の強度分布は、ビームスプリッタ20において分割する2つのレーザー光の振幅分割の比にも依存する。例えば、第1の鏡30、第2の鏡40に剥けて分割するレーザー光の振幅比を $A1:A2$ とし、この振幅比を1:1とした場合には、図2(a)に示す強度分布が得られる。また、振幅比を1:10としたときには図2(b)に示す強度分布となる。ただし、 $\epsilon=0.01$ 、 $n=1$ の場合である。

【0018】また、光路長が大きくなるとレーザー光のコヒーレンスが劣化し、干渉縞のコントラストが低下することを利用してもよい。例えば、アクチュエータ50により第2の鏡40をビームスプリッタ20から遠ざけるに従って干渉縞のコントラストが減少し、図2(b)に示すような強度分布が得られる。

【0019】次に、図1の処理装置によって生成される干渉縞を利用した本発明の半導体処理方法を図3を参照

して説明する。第1の処理方法では、図3(a)のような強度分布に調整した干渉縞を、図3(b)のように、レーザー光はパルス状で1回のみ基板60に照射し、かつ干渉縞のピッチは結晶の成長距離と同等とする。干渉縞が基板60上の薄膜半導体61の表面に照射されると、図3(c)のように、薄膜半導体61の内部に干渉縞の強度分布に対応した温度勾配が発生する。すなわち、干渉縞の強度が高い部分は低い部分に比較して高温とされる。ここで、前記したビームスプリッタ20における振幅比等を調整する等して干渉縞の強度分布を適宜に設定することで、薄膜半導体61の全域を溶融しても良いし、高温部では溶融し低温部では溶融しないように干渉縞の強度分布を設定しても良い。そして、干渉縞の照射後に薄膜半導体61を冷却させると、図3(d)のように、その過程で薄膜半導体61の膜厚と垂直な方向(基板に水平な方向)に結晶が成長していき、干渉縞のピッチに相当する大きさに達する。なお、一部の低温部が溶融しない場合には、この部分は結晶化しないまま残ることになる。なお、同図には、高温溶融領域61a、非溶融領域61b、結晶領域61c、結晶領域の境界61dをそれぞれ示している。これにより、本発明が目的とする、薄膜半導体61の大粒径化が実現できる。

【0020】このように、第1の実施形態の処理装置を用いた第1の処理方法では、レーザー光の干渉現象を利用しているため、従来必要とされた誘電体薄膜の形成とパターニングの工程が不要となり、処理工程数が少なく、量産性に優れる。また、ビームスプリッタでの振幅比を制御、あるいは光路長を制御して干渉縞の強度分布を調整しているので、半導体薄膜中の温度分布を制御するときの自由度が高くなる。すなわち、薄膜半導体がレーザー光のエネルギーを吸収して溶融し、放熱による冷却に伴って結晶化する過程は、薄膜半導体の厚さ、薄膜半導体の下部に存在する材料、薄膜半導体の上部の雰囲気、例えば窒素、アルゴン、真空等のガス種類、などの構造的な要因と、レーザー光をパルス状にする場合のパルス幅、パルス形状、などの時間的な要因があり、これらは全て薄膜半導体中の温度分布に影響を与える要因となる。これらは外部で制御可能なものも多いが、装置の能力、物理的な限度などによりその制御範囲が制約される。この点において、本実施形態では、前記構造要因、時間要因のさまざまな制約に対して柔軟に対応することが可能となる。さらに、この実施形態では、局在しない干渉縞を用いるので、基板60が大型化して反り等が出て光学系との距離が場所に依存する場合でも、基板上に鮮明な干渉縞を得ることができ、大面積の基板上の結晶形成が容易に行え、量産性に優れる。また、基板60の近傍には何も配置されないため、薄膜半導体61へのレーザー光の吸収に伴って発生する気体状の物体による装置の汚染の可能性が小さくなり、長時間に渡って装置の保守をすることなく結晶形成を続けることができ、量産

性に優れたものとなる。

【0021】次に、本発明における第2の処理方法を図4を参照して説明する。この第2の半導体処理方法ではレーザー光はパルス状とし、先ず、図4(a)のように、同一の場所に1回もしくは複数回照射して結晶を成長させる。次に、図4(b)のように、第2の鏡40をアクチュエータ50でわずかに移動することにより干渉縞の位置を変化させる。この後にレーザー照射による結晶成長の過程を繰り返す。このとき、1回目の過程と2回目の過程において、半導体の溶融部が互いに重畳するようにして干渉縞の位置を制御する。図5は、1回目の照射と2回目の照射での干渉縞の強度分布を示す図である。以上の照射を、図4(c)のように、干渉縞の一周期に相当する距離まで繰り返す。しかる上で、干渉縞の照射を停止することで、前記第1の処理方法と同様に薄膜半導体61の大粒径化が実現できる。

【0022】この第2の処理方法においても第1の処理方法と同様な効果が得られる。また、これに加えて、第2の鏡40により光路長を変化させることにより薄膜半導体61上の干渉縞の位置を制御するので、干渉縞の移動が容易であり、処理装置が小型で設置に有利になる。因みに、図9に示した従来技術では、結像光学系と基板との相対位置を1 μ mオーダーの精度で制御する必要があり、大掛かりな機構部分が装置に要求されることになる。

【0023】また、本発明における第3の処理方法としては、1回のレーザー照射の間に干渉縞の位置を連続して変化させる方法も採用できる。この第3の半導体処理方法では、レーザーはArレーザーなどの連続照射が可能なものを採用する。そして、レーザー光を一定の強度で照射するときに、第2の鏡40をアクチュエータ50によりある基準位置を中心として一定の振幅で往復運動をさせる。これにより、薄膜半導体61上で干渉縞の位置が連続して変化することになる。第2の鏡40の移動距離を干渉縞の一周期に相当する距離とすれば、第2の処理方法と同様に、薄膜半導体61の全面で薄膜半導体を結晶化することが可能となる。この第3の処理方法においても、前記第1及び第2の処理方法と同様な効果が得られる。

【0024】ここで、干渉縞の強度分布を調整するための半導体処理装置の他の構成例を説明する。図6に示す第2の処理装置では、レーザー10とビームスプリッタ20の光路上に第2のビームスプリッタ21を設け、この第2のビームスプリッタ21で分割した光を反射する第3の鏡41及び第4の鏡42を設けている。そして、前記第4の鏡42で反射したレーザー光を薄膜半導体61に照射するように構成している。この構成では、第2のビームスプリッタ21、第3の鏡41、第4の鏡42によるレーザー光の光路長は、第1及び第2の鏡30、40によって干渉縞を生成する光路長に比較すると著し

く異なるので、第3及び第4の鏡41、42を経由する光が第1及び第2の鏡30、40を経由する光と干渉することはない。したがって、薄膜半導体61での干渉縞71の強度分布は、一様な強度を干渉縞の強度分布に重畳したものとなる。もちろん、第2のビームスプリッタ21、第3の鏡41、第4の鏡42の代わりに、レーザー10とは独立した第2のレーザーを用いて同期して照射する構成としてもよい。

【0025】また、干渉縞を移動させるための構成例として、第3の処理装置を図7に示す。この処理装置では、屈折率の異なる物体を用いて光路長を制御することにより干渉縞の位置を制御している。すなわち、例えばガラスのような空気とは屈折率の異なる透明材料からなる階段状透過板80を、前記ビームスプリッタ20で分割された片方の光の光路上に配置する。そして、前記階段状透過板80を光路差変換手段としての第2のアクチュエータ51によって前記光路と直交する方向に移動可能とし、前記階段状透過板80の厚さが異なる部位を前記光路上に選択的に位置するように構成する。このため、階段状透過板80の光路上での厚さが変化され、光がこの階段状透過板80を透過する距離に応じて光路長が変化し、それに応じて薄膜反動体61上に形成される干渉縞70の位置を制御することができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、次の効果を得ることができる。本発明では、半導体内部に温度勾配を発生させる手段として振幅分割したレーザー光の干渉現象を利用しているので、薄膜半導体上に反射防止膜としての誘電体薄膜の形成とパターニングの工程が不要であり、処理工程数が少なく、量産性に優れるという効果がある。また、本発明では、干渉縞の強度分布を制御する手段として、ビームスプリッタでの振幅分割比を制御する手法、光路長を変化させる手法、干渉する2つの光とは別の第3の光を照射する手法を用いているので、半導体薄膜中の温度分布を制御するときの自由度が高くなり、結晶化を行う際の構造要因、時間要因のさまざまな制約に対して柔軟に対応できるという利点がある。さらに、本発明では、鏡の移動や光路への屈折率の異なる材料の挿入等の手段により光路長を変化させて干渉縞の位置を制御するので、干渉縞の移動が容易となり、装置が小型で設置に有利であるという効果がある。

【0027】さらに、本発明の結晶形成方法では局在しない干渉縞を用いるので、基板が大型化して反り等が出て光学系との距離が場所に依存する場合でも基板上に鮮明な干渉縞を得ることができる。したがって、大面積の基板上の結晶形成が容易に行え、量産性に優れるという効果がある。また、基板の近傍には何も配置されないの

で、基板へのレーザー光の吸収に伴って発生する気体状の物体による装置の汚染の可能性が小さくなり、長時間に渡って装置の保守をすることなく結晶形成を続けることができ、量産性に優れるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体処理装置の第1の処理装置の構成図である。

【図2】本発明の半導体処理装置における干渉縞の強度分布を示す図である。

【図3】本発明の第1の処理方法を説明するための図である。

【図4】本発明の第2の処理方法を説明するための図である。

【図5】第2の処理方法における干渉縞の照射強度分布を示す図である。

【図6】本発明の半導体処理装置の第2の処理装置の構成図である。

【図7】本発明の半導体処理装置の第3の処理装置の構成図である。

【図8】第1の従来技術における半導体処理方法の説明図である。

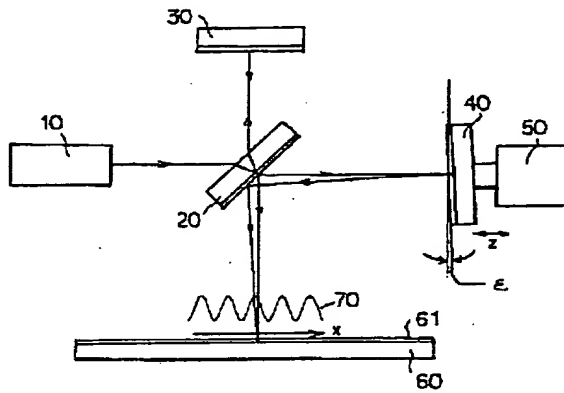
【図9】第2の従来技術における半導体処理方法の説明図である。

【図10】第3の従来技術における半導体処理方法の説明図である。

【符号の説明】

- 10 レーザー
- 20 ビームスプリッタ
- 21 第2のビームスプリッタ
- 30 第1の鏡
- 40 第2の鏡
- 41 第3の鏡
- 42 第4の鏡
- 50 アクチュエータ
- 51 第2のアクチュエータ
- 60 基板
- 61 薄膜半導体
- 70, 71 干渉縞
- 80 階段状透過板
- 100 レーザー光
- 101 基板
- 102 薄膜半導体
- 103 反射防止膜
- 104 スリット
- 105 結像光学系
- 111 スリット

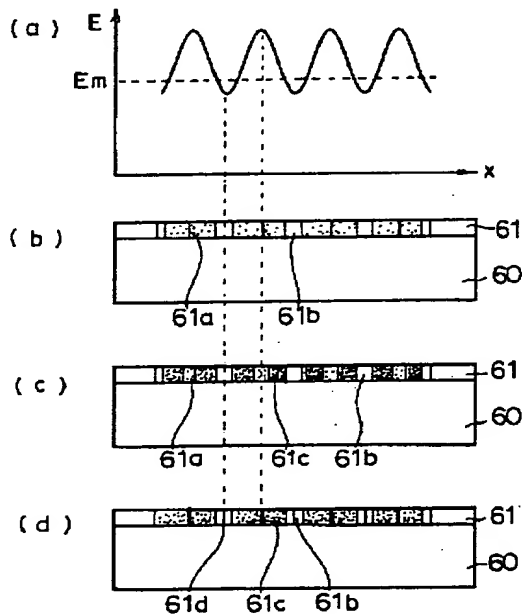
【図1】



光路差: $\Delta = n(X - X_s) + Z$
 干渉縞の強度分布: $I = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(2\pi\Delta/\lambda)$

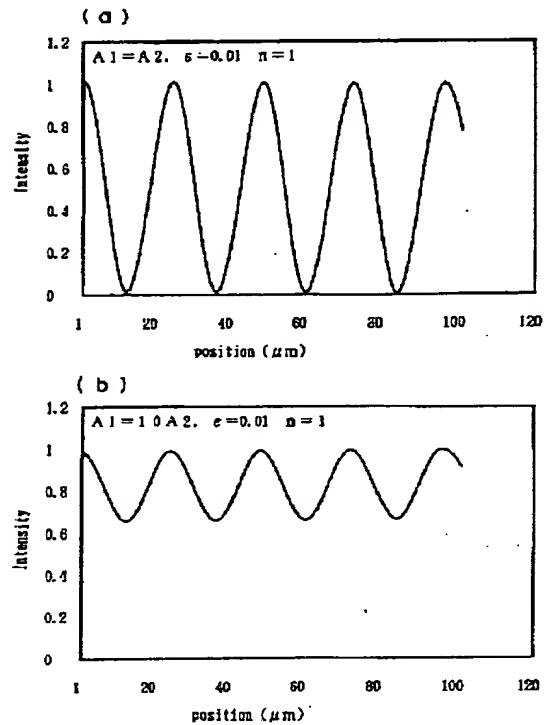
10: レーザ
 20: ビームスプリッター
 30: 鏡1
 40: 鏡2
 50: アクチュエータ
 60: 基板
 61: 薄膜半導体 (非晶質, または多結晶)
 70: 干渉縞

【図3】

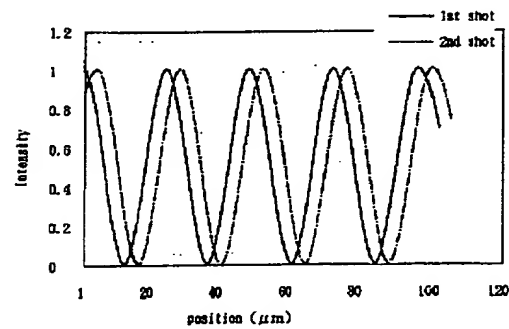


60: 基板
 61: 薄膜半導体 (非晶質, または多結晶)
 61a: 溶融領域 (高温)
 61b: 非溶融領域 (低温)
 61c: 結晶領域
 61d: 2つの結晶領域の境界

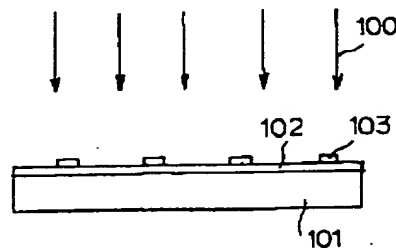
【図2】



【図5】

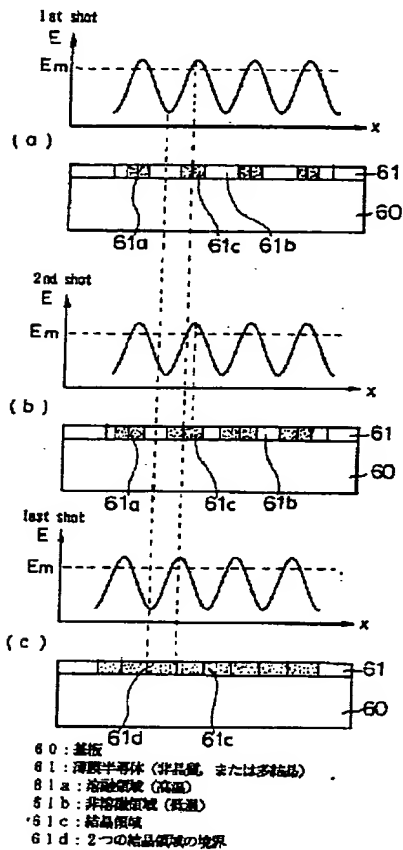


【図8】

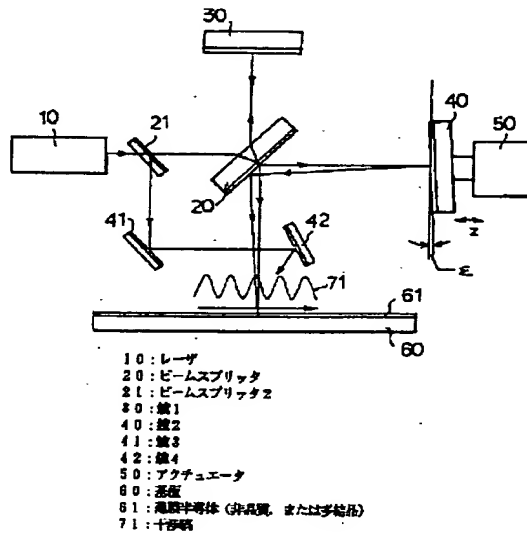


100: レーザ光
 101: 基板
 102: 非晶質, または多結晶半導体
 103: 反射防止膜

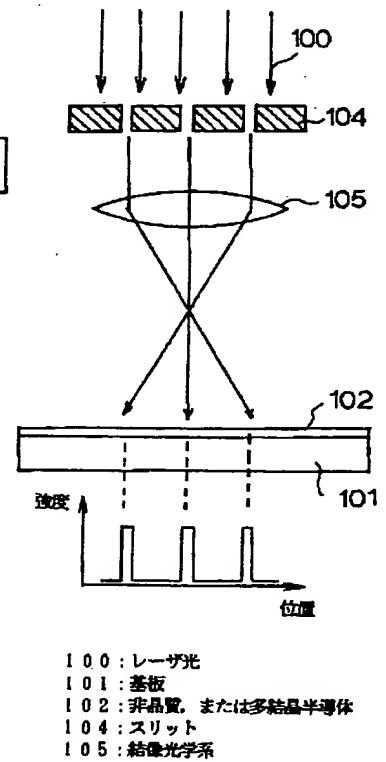
【図4】



【図6】



【図9】



【図10】

